

文章编号: 0451-0712(2005)03-0072-04

中图分类号: U416

文献标识码: B

# 宁杭高速公路东庐山深路堑设计

陈景雅

(江苏省交通规划设计院 南京市 210005)

**摘要:** 通过对南京~杭州(宁杭)高速公路所经东庐山地质情况的分析,介绍了深路堑设计的情况,供其他工程参考。

**关键词:** 高速公路; 深路堑; 边坡; 稳定; 设计

宁杭高速公路沿线风景优美,地形、地质复杂,穿越了东庐山等山脉(图1)。东庐山有南京市“秦淮之源”之称,植被完整,竹林遍布,景色优美。因此,东

庐山大挖方段的路堑、边坡防护和景观设计,是本项目的主要难点之一。

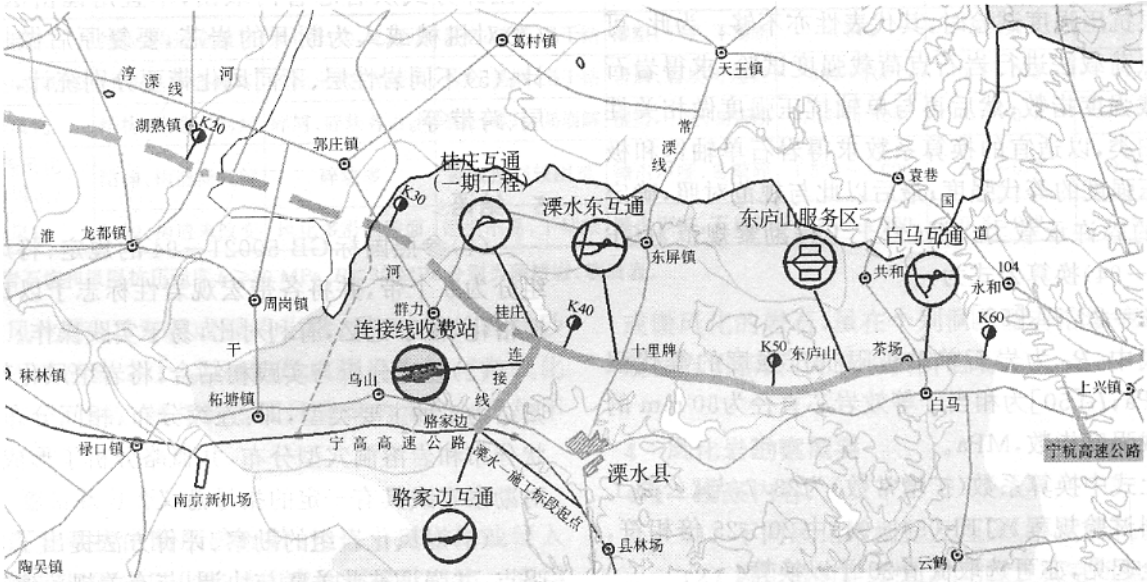


图1

## 1 地质概况

### 1.1 工程地质条件简述

东庐山路基开挖段处在低山丘陵区,基岩裸露,海拔高程为90~187 m,是秦淮河与新桥河水系的分水岭。地下水为岩层裂隙水,地下水位埋深在重点区缓坡处为2.85~6.6 m、陡坡处为1.2 m,在其余地段为0.1~1.7 m。

东庐山段位于上侏罗统火山喷出岩构成的丘陵山前区,山体坡向呈NW—SE、倾向SW、上陡下缓、坡面相对平整,坡段中、下部见有大、小2个洼地,坡

面分布大小不等的滚石块体。

边坡地段出露的地层有:第四系(Q),分布于坡面的崩积、坡残积、冲积物及坡脚山前冲积物;上侏罗统大王山组(J<sub>3d</sub>),粗安质熔结凝灰岩;上侏罗统龙王山组(J<sub>3L</sub>),粗安质熔结角砾凝灰岩、集块岩。

地下水分布有:孔隙水,主要分布在第四系(Q)地层中;孔隙—裂隙水,主要分布在全、强风化岩体中;断层裂隙水主要赋存于中、微风化岩体中,为潜水含水岩体。地下水补给主要靠大气降雨补给。

### 1.2 边坡岩体地质构造规律

边坡区内,除发育有一条 F1 断层外,未见其他较大规模断层。裂隙较为发育(图 2)。

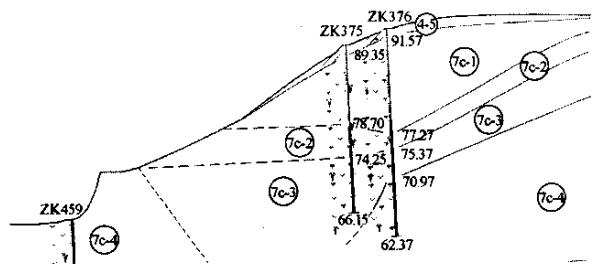


图 2

(1) 断层。F1 断层为高角度断裂,走向为 NE38°,倾角近于直立,与公路边坡横交,区内延伸长度在 200 m 以上,断面呈微波状,总体较平直,地形上约呈风化凹槽。

(2) 裂隙。边坡区内构造裂隙以陡倾角( $>60^\circ$ )为主,占 70% 左右;中等倾角( $30^\circ \sim 60^\circ$ )占 15%;缓倾角( $<30^\circ$ )约占 15%。陡、中倾角裂隙,按倾向分为 5 组: NWW—SWW、SSW、NE—NEE、NNW—NNE 和 SE—SEE。在陡、中倾角裂隙组中, NNW—NNE、NE—NEE 倾向组裂隙规模较小,平直、延伸性较差,一般长 6~10 m,为中等倾角裂隙组。其余为陡倾角裂隙组,以 NWW—SWW、SSW 倾向组裂隙较发育,规模较大,裂面呈微波状起伏、粗糙,延伸性强,一般长 10 m,少数长 20~30 m,倾角近于直立。缓倾角裂隙,按倾向分为: SSW—SW、NWW、NEE—SEE 和 NNW。缓倾角裂隙组规模较小,平直,一般长 6 m 左右, SSW—SW、NWW、NEE—SEE 裂隙组倾向或视倾向坡外,与其他结构面配合,组合成倾向坡外的滑移块体,是影响边坡区边坡块体稳定的主要结构面。

## 2 深路堑路段的稳定性分析

### 2.1 漂石和块石的灾害及防治

在东庐山山顶、上部陡坡及坡下,分布有大量漂石、块石,可视直径达 4~5 m,大小悬殊,有的成单块存留于坡面,由于天长日久,在地质营力作用下呈球状风化出现,表现为次圆状。东庐山山体由粗安质熔结凝灰岩组成,岩石坚硬,强度高,经长期自然风化作用,节理裂隙进一步扩展,岩体发生破碎,脱离母体形成漂石、块石,顺地形滑落和滚动,陡坡上的漂石和块石主要靠相互支撑、树木或有利地形遮挡而暂时滞留,一旦外力作用失去了这些平衡条件后,

漂石和块石即顺坡滚动而滑落(图 3)。由此可见,东庐山路基开挖段,尤其在重点区内,滚动漂石或块石是未来路基施工和通车的一大灾害,必须采取有效防治措施,确保施工和通车安全。建议对山顶漂石及块石在施工时进行逐一识别和清理,凡属不稳定状态的危石应及时消除;对于山坡的漂石及块石层,据现场调查处于不稳定状态应及时清除。由于东庐山地面植被茂密,覆盖层成份复杂,加之漂石及块石层厚度较大且分布普遍,地表难以识别岩石露头,勘探难度较大,建议边坡进行设计后,在施工时及时进行施工勘察和施工配合,在进一步揭示山坡岩体的特性后进行必要的边坡设计调整。



图 3

### 2.2 地质评价

(1) 通过初步的勘察工作,认为在区内发生过大面积古滑坡的证据不足,但是顺着岩土界面及岩体中的软弱面发生滑动是完全可能的(如 K50+300 处)。不稳定坡体易顺着强风化岩中的软质泥化夹层发生滑动,在路基开挖时应引起重视。

(2) 在重点区内,线路两侧岩石强度差异大,重点区以东挖方段相似,强度接近。建议边坡设计时,根据岩性差异,不同风化程度采取相应的不同边坡坡率,同时要与自然环境协调一致。

(3) 强、中风化层岩石节理裂隙较发育,有可能形成楔形块体,受外力作用易脱落,施工中应引起重视。

(4) 漂石和块石的清理,宜采取人工清理至山下集中爆破,原地爆破破坏性大,原较稳定的漂石和块石经爆破震动后也可能会趋向不稳定。

(5) 本段路基开挖深度大、边坡高,建议采取台阶式边坡。重点区内,最后一道边坡平台,建议植树绿化。

### 2.3 稳定性分析

#### 2.3.1 岩体力学参数

该段岩体代表性的力学参数见表 1。

表 1 岩体力学参数

岩性描述	天然密度	粘聚力	内摩擦角	单轴抗压强度
	kN/m <sup>3</sup>	MPa	(°)	MPa
弱~中风化灰岩	27.0~26.0	1.2~0.6	50~46	60~35
弱~中风化粉砂岩	26.0~25.0	0.8~0.5	44~38	30~16
强~全风化粉砂岩	23.0~21.0	0.2~0.1	30~28	4.0~0.6
强~全风化泥岩	21.0~19.8	0.1~0.025	28~25	1.5~0.3

2.3.2 稳定系数

根据不同的地质条件采用不同的边坡率:当岩性为弱风化时,采用 1:0.5~1:1.0 的边坡;当岩性为中等风化时,采用 1:1.0~1:1.5 的边坡;当岩性为强风化~全风化时,采用 1:1.25~1:2.5 的边坡。

最大的中心挖深在 K50+850 处,为 48 m。采用极限平衡法计算得出岩体的稳定系数为 1.4。

3 东庐山边坡岩体的稳定性评价

综合分析各项计算成果,结合东庐山边坡岩体工程地质条件,对边坡的稳定性可得出下述认识。

(1) 采用设计边坡值,边坡整体稳定性好,不具备产生大规模整体破坏的条件。边坡破坏模式主要为受结构面控制的局部楔形体失稳破坏,但其数量少、规模小。

(2) 局部稳定性问题,即块体失稳是施工期的主要破坏形式。由于结构面在开挖前不易查清,无法预见到这些块体的具体位置和尺寸,必须加强施工地质编录和安全监测,注意开挖时的爆破控制,及时对出现的不稳定块体进行加固处理。块体失稳是施工期的主要破坏形式,为了保证施工安全和质量,对卸荷区岩体要采取适时监控和锚固。在实际工程中,随着东庐山边坡开挖施工的开展,地质条件逐步揭露并明确,设计需要利用新获得的数据对先前的设计施工方案进行进一步的修正和完善。

4 设计原则

根据东庐山边坡岩体的稳定性评价综合分析成果,对边坡的稳定性得出了下述的设计原则:(1) 通过初步的计算,认为在区内发生大面积滑坡的可能性基本不存在,但是顺着岩土界面及岩体中的软弱面发生滑动是完全可能的,不稳定坡体易顺着强风化岩中的软弱泥化夹层发生滑动,尤其是在路基开挖时更应引起重视;(2) 线路两侧岩石强度差异大,

路线以东挖方段相似,强度接近,在边坡设计时,根据岩性差异,不同风化程度采取相应的不同边坡坡度,同时与自然环境协调一致;(3) 强、中风化层岩石节理裂隙较发育,有可能形成楔形块体,受外力作用易脱落,施工中应引起重视;(4) 在清理块石和漂石时,宜采取人工清理至山下集中爆破,原地爆破破坏性大,原较稳定的块石或漂石经爆破震动也可能趋向不稳定;(5) 本段路基开挖深度大、边坡高,应采取台阶式边坡。

为了保证施工安全和质量,对卸荷区岩体要采取适时监控和锚固。在实际工程中,随着边坡开挖施工的开展,地质条件逐步揭露并明确,设计需要利用新获得的数据对先前的设计施工方案进行进一步的修正和完善。

5 路基、路面及排水设计

5.1 路基边坡设计

根据不同的地质条件,采用了不同的边坡坡度(1:0.75~1:1.5)。考虑到深路堑景观绿化及边坡安全的要求,采用台阶式边坡,每 5~8 m 高度设置一处台阶。

5.2 土石路基填筑

(1) 利用东庐山爆破下来的土石方进行填筑时,对岩性不同的风化填料须分层填筑、分层压实,每层松铺厚度不应超过 30 cm,最大粒径不应超过 15 cm。

(2) 为控制土石混合料的最大粒径,保证填筑压实的均匀性和质量、提高工效,要求所用土石混合料必须过筛,筛孔采用方孔,尺寸为 15 cm×15 cm。

(3) 填筑时应按路基施工要求进行,全幅填筑。

(4) 针对土石混合料保水性差、易风化的特性,施工中要严格掌握好最佳含水量。

(5) 要求采用激振力在 200 kN 以上的震动压路机碾压 8 遍,施工时应根据试验段的试铺情况,确定最佳的碾压遍数。压实时应先压两侧(即路肩部分),后压中间。压实路线对于轮碾应纵向平行、反复碾压;行与行之间应重叠 40~50 cm,前后相邻区段应重叠 100~150 cm。

(6) 路基每层压实后,要形成 2%~3% 的路拱,应无明显凸凹,满足平整度要求。

(7) 对于爆破下来的大块石料,根据自然条件,设计成观景台。

5.3 防护及排水设计

东庐山连绵 1.5 km,连续 5 座山头共有 142 万 m<sup>3</sup>

的石方爆破量,其中最高山体垂直高差达 82 m,接近于 30 层楼的高度,山体高度及爆破量是江苏省高速公路建设史上之最。山体开挖施工虽降低了工程造价,缩短了施工周期,但对沿线自然环境和生态平衡的破坏较大。过去,岩石山体开挖后一般采用浆砌片石的防护形式,虽然防止了因岩石坠落、崩塌和滑坡等损坏公路、阻碍交通事故的发生,但与周围自然环境极不协调,永久破坏了生态平衡。

防护及排水设计结合环境和景观设计综合考虑,总体协调,并根据不同的地形、地质、土质、边坡高度和特殊工点要求,采用适宜的排水和防护型式。

(1)边坡防护包括路堤边坡和路堑边坡 2 种类型和多种型式,根据景观设计的要求,运用“客土喷播”、“轮胎固土”和“草袋固土”等种植技术基本实现了生态防护。

(2)边沟设计时,可考虑明沟、暗沟和盲沟等多种排水方式和不同的外形和尺寸。

(3)路面排水包括路面水、下渗水和中央分隔带排水 3 个部分,路面排水分漫流和截流 2 种方式。宁杭高速公路沿线为粘性土,路面水以漫流方式为主。

(4)土路肩原设计为水泥砂浆抹面,后结合绿化,改为开放式土路肩。

#### 5.4 路面

4 cm 细粒式沥青混凝土(改性沥青 SMA—13)+6 cm 中粒式沥青混凝土(AC—20 I 改进型)+8 cm 粗粒式沥青混凝土(AC—25 I 改进型)+沥青下封层+36 cm 水泥稳定碎石基层+20 cm 二灰土底基层。

#### 6 结语

东庐山深路堑的设计,通过对边坡岩体稳定的分析,确定了各专业的设计方案,确保了工程关键部位的安全,取得了良好的效果。

## 投 稿 须 知

《公路》月刊于 1956 年创刊,由中华人民共和国交通部主管,是中国公路行业出版最早的中央级技术类科学技术期刊,是公路运输类核心期刊,是交通部和全国优秀科技期刊。

1. 本刊刊登的内容以实用科学、实用技术为主,兼顾理论研究、科学实验与标准规范,还包括方针、政策、管理等内容,对技术水平领先、有创造性、适用推广价值较高的文章优先刊登。

2. 投寄本刊的稿件,可以是原稿,也可以是打印稿或 E-mail 文稿(作者必须与原稿核对无误,并签字认可),具体格式请参照本刊近期出版的《公路》杂志。稿件请作、译者自留备份,本刊概不退稿。若文章被采用,本刊即行寄样刊和稿酬,不再另发“用稿通知”。

3. 文稿应有“摘要”和“关键词”。“摘要”为全文的浓缩,以提供文章内容梗概为目的,不加评论和补充解释,简明、确切地记述文章重要内容。“关键词”为“摘要”的浓缩,可选 3~8 个。

4. 文章中科技术语和名词,请用规定的通用词语。文章内容应符合国家标准和各种行业标准要求,应使用法定计量单位。公式、图表应清晰准确,符合国家标准要求。各级标题应明确、清晰。

5. 文章中摘编、引用他人作品,请遵守《著作权法》规定在参考文献中写出。

6. 文章著作权,除《著作权法》另有规定外,属于作者。文责自负。署名作者的人数和顺序由作者自定。

7. 文章题目、摘要及关键词、作者的姓名和工作单位名称,要求作者翻译成英文。

8. 来稿请注明作者的真实姓名、工作单位和详细地址、电话。作者本人的详细信息,包括:学历、简历、身份证号码。请作、译者注意:来稿作者信息不详者,稿件一律不采用。

9. 所有来稿文责自负。

10. 投稿方式:

您可直接将稿件寄给本刊,地址见本刊“目次”页;

您还可通过 E-mail:paper@chn-highway.com 投稿。通过 E-mail 投稿的作者请注意留下详细联系地址及电话,否则本刊不接受投稿。